

아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 고등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향*

윤정구 · 김영식
초지고등학교 · 한국교원대학교

Influence of Programming Education Utilizing Arduino on Creative Problem Solving Ability of High School Students

Jung Koo Yoon, Yungsik Kim**
Choji High School, Korea National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received Aug 16 2018

Revised Sep 24 2018

Accepted Sep 27 2018

Keywords:

Arduino, programing
education, high school
student, creative problem
solving ability, text-based
programming language

주제어:

아두이노, 프로그래밍
교육, 고등학생, 창의적
문제 해결력, 텍스트 기반
프로그래밍 언어

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effects of the programming education using Arduino, which is utilized in producing the creative outputs, on the creative problem solving ability of high school students. In order to verify the effectiveness, we divided 56 students in the second grade of high school in Gyeonggi-do into experiment group(28 students) and control group(28 students) and conducted the ordinary text-based programming class to the control group and the programming class utilizing Arduino to the experiment group for 14 hours each. The results of the research showed that creative problem solving ability of experiment group was meaningfully improved compared to control group. Based on these results, it can be seen that high school students' programming education using Arduino has a positive effect on creative problem solving ability.

국문초록

본 연구에서는 최근 다양한 분야에서 창의적 산출물 제작에 이용되고 있는 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 고등학생의 창의적 문제 해결력에 미치는 영향을 분석하여 효과를 검증하였다. 이를 위해 경기도에 소재한 일반계 고등학교 2학년 2개 학급 56명을 28명의 실험집단과 28명의 통제집단으로 구성한 후에 통제집단은 기존의 텍스트 기반 프로그래밍 언어를 활용한 프로그래밍 수업을, 실험집단은 아두이노를 활용한 프로그래밍 수업을 각각 14차시에 걸쳐 진행하였다. 연구 분석 결과 실험집단의 창의적 문제 해결력이 통제 집단에 비하여 유의미하게 향상되었다. 이 결과를 토대로 아두이노를 활용한 고등학생의 프로그래밍 교육이 창의적 문제해결력에 긍정적인 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

* 이 논문은 윤정구의 2017년도 석사 학위 논문을 수정 · 보완하여 재구성한 것임.

** Corresponding author, kimys@knue.ac.kr

I. 서론

산업 구조의 변화는 사회뿐 아니라 개인의 삶과 국가의 경쟁력에 큰 영향을 준다. 2015년 세계경제포럼(WEF)의 '미래고용보고서'에 따르면, 앞으로 5년간 선진국과 신흥시장 15개국에서 500만개의 일자리가 감소할 것으로 전망된다. 또한 인공지능의 발전으로 저숙련 단순 노동 뿐 아니라 중급 수준의 숙련이 필요한 반복 업무 영역들도 점차 로봇이 대체할 가능성이 높다(장필성, 2016). 스위스의 글로벌금융그룹(UBS)이 교육시스템을 비롯한 5개 지표들의 점수를 산정하여 분석한 4차 산업혁명에 대한 국가별 적응 순위에서 한국은 25위를 기록했다(노영우 등, 2016).

이러한 전망과 통계치는 기존의 지식을 습득하고 암기하는 양과 속도로 경쟁하는 전통적인 형태의 학습이 사회 변화에 적절히 대응하지 못하는 결과를 가져올 수 있음을 의미한다. 그리고 다가오는 시대를 살아갈 학습자에게 다양한 문제 상황에서 적합한 해결책을 제시하거나 새로운 결과물을 생성할 수 있는 창의적 문제해결력을 신장시키기 위한 교육이 필요한 이유이기도 하다.

'정보' 교과는 미래 사회의 인재가 갖추어야 할 핵심 역량을 교육하기에 적합한 교과이다. 특히, '문제 해결과 프로그래밍', '컴퓨팅 시스템' 영역은 컴퓨터과학을 바탕으로 실생활과 여러 학문 분야의 문제 해결 능력을 신장하는 데 중점을 두고 있어 학습자의 창의적 문제해결력을 신장하기에 적합한 단원이라고 볼 수 있다.

2015 개정 정보과 교육과정에서 눈에 띄는 변화는 최초로 피지컬 컴퓨팅 단원이 추가되었다는 점이다. 피지컬 컴퓨팅이란 컴퓨팅 도구가 현실 세계의 물리적 정보를 입력 받아 처리한 후 그 결과를 물리적인 형태로 출력함으로써 사람과 컴퓨터가 상호작용할 수 있게 하는 것이라고 정의할 수 있다(서동수, 2006). 피지컬 컴퓨팅 기기는 추상적인 프로그래밍의 개념들을 손으로 만질 수 있는 물리적인 존재로 나타내는 등 컴퓨터 프로그래밍을 학습하기에 매우 적합한 도구이다. 반면에 초보 학습자에게 인지적 부담을 줄 수 있다는 이유 때문에 피지컬 컴퓨팅 단원에 대한 논란이 없지 않다. 이러한 논란은 적합한 피지컬 컴퓨팅 도구의 선정과 이를 활용한 교육과 관련된 지식과 효과적인 교육 방법의 부족함 등으로 요약할 수 있다. 이러한 논란을 극복하기 위한 대안으로 오픈소스 플랫폼인 아두이노(Arduino)는 도구의 선정과 활용의 편의성 측면에서 효과적인 선택일 수 있다.

아두이노는 마이크로 컨트롤러가 부착된 아두이노 보드와 관련 개발 도구 및 환경인 아두이노 IDE를 통칭하는 오픈소스 기반의 피지컬 컴퓨팅 플랫폼이다. 아두이노는 업로드가 간편하고 비교적 저렴하며, 다양한 운영체제를 지원할 뿐만 아니라 회로도가 공개되어 있으므로, 누구나 직접 보드를 만들고 수정할 수 있다(위키백과, 2016).

이러한 장점을 이유로 다양한 방면에서 아두이노가 활발하게 사용되고 이를 이용하여 새롭고 유용한 제품을 만들고 공유하는 ‘메이커 운동(maker movement)’이 국내외적으로 확산되고 있다. 또한 2015 개정 정보과 교육과정에서 피지컬 컴퓨팅 단원이 도입되는 등 프로그래밍 교육 도구로서의 그 가치와 가능성을 인정받고 있지만, 개정 교육과정의 현장 도입을 앞둔 현재 고등학생 대상의 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 프로그래밍 교육이 창의적 문제해결력에 미치는 효과에 대한 연구는 부족한 편이다.

이에 본 연구에서는 기존의 일반계 고등학교 학생을 대상으로 진행되었던 C 프로그래밍 교육과 비교하여 피지컬 컴퓨팅 도구인 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 일반계 고등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 효과를 검증하고 분석하였다.

본 연구에서 진행할 주요 내용과 방법은 다음과 같다.

첫째, 피지컬 컴퓨팅 도구와 창의적 문제해결력에 대한 이론적 탐색 및 선행 연구 분석을 통해 아두이노 활용 프로그래밍 교육의 가능성을 고찰한다.

둘째, 아두이노를 활용한 프로그래밍 교수·학습 내용을 설계한다.

셋째, 설계한 교수·학습 내용을 수업에 적용하여 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육의 효과를 검증한다.

II. 이론적 배경

A. 창의적 문제해결력

창의적 문제해결 과정은 주어진 문제를 해결하는 일반적인 문제해결 과정에 문제를 인식하고 구조화하는 과정이 포함된다고 할 수 있다. 문제의 해결이란 학습자 자신이 이미 알고 있는 개념이나 기능, 사고전략을 주어진 문제 사태에 적합한 새로운 방식으로 적절하게 연결 하는 창의적인 과정이라고 풀이하기도 한다(김정효 등,

1999).

한국교육개발원(2001)은 창의적 문제해결을 “문제 해결과정에서 다양한 요인이 복합적이며 역동적으로 상호작용하여 문제 해결에 유용하며 독창적인 산출물 또는 해결책을 만들어 내는 것”이라고 정의하였다(한국교육개발원, 2001). 김영채(2007)는 창의적 문제해결은 단순히 “검증된 방법이나 통상적인 해결방법을 재생하여 문제를 해결하는데 그치지 않고, 문제를 해결하기 위한 새로운 도전을 통해, 문제를 해결하는 방법이 한 가지가 아니라 다양한 방법이 존재함을 인식하고, 여러 해결 대안들 중에서 최선의 방법을 찾아가는 과정”이라고 풀이하였다(김영채, 2007). 즉, 창의적 문제해결력이란 복잡하고 비 구조화된 문제를 학습자 스스로 인식하고 구조화하여 새롭고 독특한 해결 방법을 고안하고 적용하여 해결하거나 새롭고 유용한 결과물을 만들어 내는 과정이라고 정의할 수 있다.

B. 프로그래밍 교육과 창의적 문제해결력

강성원 등(2003)과 유병건(2012), 김지선(2016)은 프로그래밍 학습이 컴퓨터에 대한 이해를 돕고 스스로 문제를 해결하는 과정에서 도전의식과 창조적 의지를 갖도록 하며 반복되는 오류 수정 활동이 논리적 사고력을 향상시키는 교육적 가치를 가지고 있다고 주장하였다.

이는 프로그래밍 교육이 학습자의 창의적 문제해결력을 향상시키는데 적합한 교육이라는 점을 시사한다. 특히 프로그래밍 학습에서 프로그램의 오류 및 수정 과정은 그 자체로 문제해결 과정과 매우 유사한 단계를 거치므로 학습자 스스로 오류를 발견하고 수정하는 과정은 문제해결 과정에서 문제를 발견·인식하는 과정에 비유할 수 있고 알고리즘 분석과 수정은 문제해결 방안을 찾기 위해 문제를 분석하고 다양한 아이디어를 생산해 내어 문제를 해결하는 과정과 같다. 뿐만 아니라 프로그래밍 학습과정에서 다양한 문제 상황을 해결하기 위한 방법을 찾기 위하여 도전과 창조적 의지를 갖게 된다는 점에서 일상의 복잡한 문제 해결을 위해 다양한 각도에서 새롭고 유용한 해결책을 고민하는 창의적 문제해결력의 향상을 기대할 수 있다.

창의적 문제해결력을 향상시킬 수 있는 프로그래밍 교육을 위해 활용 가능한 교육 도구들의 특성 및 관련 선행연구 결과들을 살펴보면 다음과 같다.

1. 교육용 프로그래밍 언어

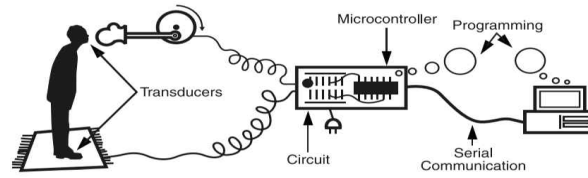
교육용 프로그래밍 언어(EPL: educational programming language)는 교육 목적으로 개발되었으며, C나 Java와 같은 범용 프로그래밍 언어에 비하여 문법적 제한이 적고 이해하기 쉬울 뿐만 아니라 상호작용이 풍부한 시각적인 학습 환경을 제공하기 때문에 학습에 필요한 시간과 노력이 적게 소요되는 장점이 있다.

EPL은 시각적인 환경의 지원 범위와 방법에 따라 문자형 프로그래밍 언어(TPL: textual programming language)와 시각형 프로그래밍 언어(VPL: visual programming language)로 구분할 수 있다. TPL은 실행결과를 나타내기 위한 시각적인 환경을 지원하지만 프로그래밍은 텍스트 기반으로 이루어진다(서성원, 2010). 반면에 VPL은 실행결과와 표시뿐만 아니라, 프로그램의 코딩 과정에서도 시각적인 환경을 지원하기 때문에 비교적 쉽고 간단하게 프로그램을 설계하고 구현하는데 활용될 수 있다(이은경, 2009). 조성환 외(2008)는 중학생을 대상으로 스크래치(Scratch) 프로그래밍 수업을 진행한 결과, 메타인지 향상에 긍정적인 효과가 있다고 주장하였고, 이은경(2009)은 대학생들을 대상으로 실시한 스크래치 활용 프로그래밍 개념 교육이, 이후 자바 프로그래밍 학습에 긍정적인 영향을 미친 Malan et. al (2007)의 연구 결과를 토대로 교육용 프로그래밍 언어가 대학생에게도 프로그래밍을 교육하기에 유용한 도구임을 의미한다고 하였다.

2. 피지컬 컴퓨팅과 아두이노

피지컬 컴퓨팅(physical computing)이란 세상의 아날로그 정보를 감지하고 이에 반응할 수 있는 하드웨어와 소프트웨어를 이용하여 상호작용이 가능한 물리적인 시스템을 의미한다(서동수, 2006). O'Sullivan과 Igoe(2004)는 피지컬 컴퓨팅은 물리적인 실제 세상과 가상의 컴퓨터 세상 사이의 대화가 가능하도록 하는 것이라고 정의하였다(O'Sullivan et. al., 2004).

대화란 쌍방의 소통이 전제되어야 한다는 점에서 상호작용이 필수적이다. 따라서 피지컬 컴퓨팅을 위한 도구는 현실 세계의 물리적 정보를 입력 받아 처리한 후 그 결과를 물리적으로 출력함으로써 사람과 컴퓨터가 상호작용할 수 있도록 해야 한다.



[Fig 1] Components of a physical computing system

O'Sullivan et. al.(2004)는 [Fig 1]과 같이 피지컬 컴퓨팅 시스템의 구성요소를 정의하였다. [Fig 1]에서 마이크로컨트롤러(microcontroller)는 피지컬 컴퓨팅 시스템의 기술적 핵심 요소로서, 관련 전공자들만이 배우던 마이크로컨트롤러가 최근 미디어 아트, 디자인 또는 취미를 위해 전자 프로토타이핑 도구로 개발되어 등장하였다. 엄기순(2016)은 피지컬 컴퓨팅은 프로그래밍의 추상적인 개념들을 손에 만져지는 존재로 나타내는 등 컴퓨터 프로그래밍을 공부하기에 매우 적합한 환경일 뿐만 아니라 코드 몇 줄로 실세계와 상호작용할 수 있는 장점을 가지고 있다고 하였다.

장윤재 등(2015)은 학습을 지식의 재구성으로서 이해하는 피아제(Piaget)의 구성주의 이론을 확장하여 “의미 있는 물건들을 만들어 보는 직접적인 경험을 통해 가장 효과적으로 학습할 수 있다”고 주장하였다. 이는 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용하여 새롭고 독특하며 사회적으로 유용하고 의미 있는 물건을 제작하는 과정에서 프로그래밍 학습의 효과를 높일 수 있다는 점을 시사한다.

또한, 피지컬 컴퓨팅 도구는 학습자가 일상의 복잡한 문제를 해결하는 과정에서 학습자에게 요구되는 추상적 개념에 대한 자동화를 실현하고 현실세계와 컴퓨팅 환경을 연결시켜줌으로써 실제적인 문제해결의 경험을 제공한다는 점에서 교육적 효과를 기대할 수 있다.

O'Sullivan et al. (2004)은 사용의 편의성을 기준으로 마이크로컨트롤러를 세 가지 수준으로 구분하였는데, 마이크로컨트롤러는 피지컬 컴퓨팅의 핵심 요소이므로 이러한 구분은 곧 피지컬 컴퓨팅 도구를 구분한 것과 같다고 볼 수 있다. 이와 유사한 맥락에서 엄기순(2016)은 피지컬 컴퓨팅 도구를 <Table 1>과 같이 보드 형태와 모듈 형태로 구분하였다.

<Table 1> Classification of physical computing tools

구분	장점	단점	종류
보드 형태 (낮은 레벨)	상대적으로 가격이 낮고 기술적인 응용 범위가 넓어 자유도가 높음	직접 회로를 연결해야 하므로 기초 전기 지식이 필요하고 상대적으로 작업 시간이 오래 걸림	아두이노, 와이어 링, gainer
모듈 형태 (높은 레벨)	회로를 구성할 필요가 없고 모듈만 연결하므로 쉽게 결과물을 얻음	상대적으로 가격이 높고 기술적 응용범위가 작아 자유도가 떨어짐	리틀비츠, 비트 브릭, 라이트 업, SAM, 메이크 블록

<Table 1>과 같은 분류방식에 따라 각 도구들이 서로 다른 장단점을 가지고 있지만 최근 아두이노는 피지컬 컴퓨팅 도구로서 널리 사용되고 있다.

아두이노(Arduino)란 마이크로 컨트롤러가 부착된 아두이노 보드와 관련 개발 도구 및 환경인 아두이노 IDE를 통칭하는 오픈소스 기반의 피지컬 컴퓨팅 플랫폼의 한 종류이다. 아두이노는 스위치나 센서(sensor)로부터 물리적인 값을 받아들여, LED나 모터 등의 액추에이터(actuator)를 제어함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어낼 수 있다(서정현 등, 2012).

3. 선행연구 분석

김혜진(2016)은 중학생을 대상으로 한 연구에서 아두이노를 활용한 스크래치 수업을 적용한 실험집단이 스크래치만으로 수업한 통제집단에 비하여 창의적 문제해결력 향상에 더 효과적이라고 하였으며, 박성준(2015)은 초등학생을 대상으로 한 연구에서 실험집단은 아두이노를 활용한 텍스트 언어 기반 프로그래밍 교육을, 통제집단은 텍스트 기반 언어를 이용한 일반적인 프로그래밍 교육을 적용하였다. 연구 결과 실험집단의 창의적 문제해결력이 통제집단보다 유의하게 향상되었다고 하였다.

이와 같이 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육은 학습자의 흥미, 학업성취도, 창의적 문제해결력의 향상에 효과가 있다고 판단할 수 있다. 그러나 대부분의 선행연구가 초등학생 또는 중학생을 대상으로 이루어졌고, 정보영재를 대상으로 한 연구를 제외하면 블록 기반의 비주얼 프로그래밍 언어를 활용한 사례가 대부분이다. 이에 본 연구는 고등학생의 인지발달 단계에 적합한 것으로 알려진 텍스트 기반의 프로그래밍 교육에 아두이노를 활용함으로써 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 검증하였다.

III. 아두이노 활용 프로그래밍 교육 설계

A. 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육 환경

본 연구에서 적용할 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육 환경은 다음과 같다.

첫째, 고등학생의 인지 발달 단계를 고려한 회로연결 방식과 프로그래밍 언어를 선정한다.

둘째, 고등학교 학습자가 경험할 수 있는 실생활의 문제 상황을 인지하여 문제를 개선하거나 해결할 수 있도록 과제 중심의 수업을 진행한다.

셋째, 학습 효과를 높이기 위해 교수자와 학습자 간 상호작용과 학습자들 사이의 상호작용이 활발히 이루어질 수 있도록 학습활동의 특성에 따라 2인 1조 또는 4인 1조의 협력학습을 적절히 적용한다.

넷째, 전자회로의 구성에 대한 인지적 부담을 줄이고 프로그래밍을 통한 문제해결 과정에 집중할 수 있도록 전기·전자 관련지식을 최소화하여 구성한다.

1. 하드웨어 환경

Piaget의 인지발달이론에 따르면 형식적 조작기에 있는 학습자들은 현존하는 것을 초월하여 여러 가지 가능한 경우를 가정하므로 형식적 조작의 사고가 가능한 학습자들은 효과적인 실험을 설계하고, 이를 잘 관찰하여 타당한 결론을 끌어낼 수 있다 (Piaget, 1953).

본 연구에서는 형식적 조작기에 해당하는 고등학생에 대한 피아제의 인지발달이론을 적용할 때, 복잡한 실세계의 문제를 스스로 발견하고 이를 피지컬 컴퓨팅을 활용하여 창의적으로 해결하는 과정을 경험시키기 위해서 문제 상황과 해결과정을 효과적으로 시뮬레이션 할 수 있도록 필요한 부품을 큰 제약 없이 조합하고 연결할 수 있는 보드형태의 아두이노 환경을 선택하였다.

2. 프로그래밍 환경

비주얼 프로그래밍 언어(VPL)는 프로그램의 코딩을 위한 시각적인 환경을 지원

하기 때문에 쉽고 간단하게 프로그램을 구현 할 수 있다(서성원, 2010). 이와는 달리 텍스트 프로그래밍 언어(TPL)는 실행결과 화면을 위한 시각적인 환경을 지원하지만 코딩은 텍스트 기반으로 이루어진다(이은경, 2009).

아두이노를 활용한 프로그래밍에서도 사용자가 원하는 형태의 프로그래밍 언어를 선택하여 사용할 수 있으므로 학습자 수준과 학교급별로 적합한 프로그래밍 환경을 선택하여 교육에 적용할 수 있다.

허미선(2009)은 VPL과 TPL이 갖는 장단점은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Comparison of VPL and TPL

구분	장점	단점
VPL	학습이 용이하고 문법이 간결하여 인지적 부담이 적으며, 에러율이 적고 직관적이며, 완성도 높음	제어문 사용이 복잡하고 디버깅 과정이 거의 없으며 프로그램이 복잡해지면 변경이 어려움
TPL	프로그램 변경이 용이하며 디버깅 과정을 통한 복잡한 오류 수정 과정에서 고등인지능력 향상이 가능함	정확한 구문사용과 언어습득에 오랜 시간이 걸림

염용철(2008)은 TPL은 정확한 구문 사용을 필요로 하기 때문에 초보자를 위한 프로그래밍 환경에는 VPL이 더 적합할 것이라고 제안하였다. 피아제(Piaget)는 인지발달 이론에서 보통 12세 이후에 나타나는 단계인 형식적 조작기에서 추상적인 사고가 가능하다고 하였으며, White와 Sivitanides(2002)는 이러한 인지발달 단계를 고려하여 학습들에게 적합한 언어를 교육해야 한다고 주장하였다(한건우, 2007). 또한, 서성원(2010)은 인문계 고등학생의 인지발달 단계에 적합한 프로그래밍 언어에 대한 효과성을 분석하는 연구에서 TPL을 활용한 로봇 프로그래밍 교육이 VPL을 활용한 교육보다 과학적 사고 능력 향상에 효과적이라고 하였다.

이상의 선행연구를 살펴본 결과 구체적 조작기에 속하는 학습자에게는 VPL이 효과적이고 구체적 조작기와 형식적 조작기의 과도기 이후의 학습자들에게는 TPL이 효과적이라는 견해가 일반적임을 알 수 있다.

아두이노 IDE는 아두이노 보드를 제어하기 위해 개발된 환경으로 텍스트 기반이며 C와 유사한 형태의 문법과 명령어로 코드를 작성하므로 다양한 라이브러리를 통해 범용 언어로의 확장이 용이하다(김혜진, 2016).

따라서 본 연구에서는 고등학생과 같은 학습자 특성에 부합하고 범용 언어로서의 확장성을 갖춘 텍스트 기반의 아두이노 IDE를 프로그래밍 개발 환경으로 사용하였다.

B. 교육 내용 설계

1. 설계의 기본 방향

본 연구는 아두이노를 활용한 텍스처형 프로그래밍 교육이 고등학교 학습자의 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 분석하였다. 이를 위해 2015 개정 정보과 교육과정을 기준으로 프로그래밍 교육을 위한 내용 요소를 추출하여 학습내용을 구성하였다.

2. 교육 내용 선정

2015 개정 정보과 교육과정에 명시되어 있는 교육목표, 내용체계, 성취기준과 이를 바탕으로 구성된 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육의 내용은 각각 <Table 3>, <Table 4>와 같다.

<Table 3> Educational objectives, content system and achievement criteria of programming education using Arduino

교육 목표	컴퓨팅 시스템의 구성 및 동작 원리를 이해하고 실생활의 문제를 해결할 수 있는 창의적 컴퓨팅 시스템을 구현할 수 있는 능력을 기른다
내용 체계	마이크로컨트롤러와 다양한 입출력 장치로 피지컬 컴퓨팅 시스템을 구성하고 프로그래밍을 통해 제어한다.
성취 기준	[12정보05-03] 문제 해결에 적합한 하드웨어를 선택하여 컴퓨팅 장치를 구성한다. [12정보05-04] 피지컬 컴퓨팅 장치의 동작을 제어하기 위한 프로그램을 작성한다.

<Table 4> Contents of programming education using Arduino

차시	내용	세부 내용	프로그래밍 내용 요소
1-2	아두이노 소개와 브레드 보드 익히기	<ul style="list-style-type: none"> 회로 구성 활동 blink 예제 프로그래밍 문제해결과제: LED 출력변경 	함수, 출력
3-4	디지털 입력과 조건문의 활용	<ul style="list-style-type: none"> 스위치 활용 디지털 입력 조건문 문제해결과제: 토글스위치 만들기 	조건문, 변수, 자료형, 입력, 출력
5-6	아날로그 출력과 반복문의 활용	<ul style="list-style-type: none"> 아날로그 출력과 for문 LED 점점 어둡게 출력 문제해결과제: 나만의 조명기구 만들기 	조건문, 반복문, 변수, 함수, 출력

7-8	부품 익히기1	<ul style="list-style-type: none"> 기울기, 자석, 조도 센서, 버저 익히기 어둠 감지 조명 만들기 문제해결과제: 문 열면 켜지는 조명 만들기 	조건문, 반복문, 변수, 출력
9-10	부품 익히기2	<ul style="list-style-type: none"> 피에조, 온도 센서, 가변저항, 마이크 익히기 온도 표시 신호등 만들기 문제해결과제: 층간 소음 경보기 만들기 	출력, 반복문, 조건문, 변수
11-12	모터 익히기	<ul style="list-style-type: none"> DC모터와 서보모터 기능 온도에 따라 동작하는 스마트 선풍기 만들기 문제해결과제: 온도에 따른 활동지수 표시 장치 만들기 	조건문, 반복문, 변수, 함수
13-14	실생활의 문제 해결하기	<ul style="list-style-type: none"> 실생활의 문제점 개선을 위한 아두이노 활용 프로그래밍 하기 	조건문, 반복문, 변수, 함수

13-14차시는 학습자가 창의적으로 실생활 속의 문제를 찾아 아두이노를 활용한 프로그래밍을 통해 학습한 내용을 적용하여 해결하도록 프로젝트를 진행하였다.

선정된 교육내용에 따라 매 차시별로 <Table 5>와 같이 학습지도안을 작성하였고, 효과적인 교수 학습을 위해 [Fig 2]와 같이 교육내용에 적합한 자료를 제작하였다.

<Table 5> Example of learning plan in programming education using Arduino

단원명	01. 아두이노 소개 및 디지털 출력			차시	1,2 /14
학습 목표	1. 아두이노의 의미와 용도를 알 수 있다. 2. 간단한 전기회로를 만들 수 있다.				
단계	학습 내용	교수 · 학습 활동		유의사항	시간 (분)
		교 사	학 생		
도입	• 동기 유발 • 학습 목표 제시	• ‘blink’ 예제의 동작과정을 보여주며 학습동기를 유발한다. • 오늘의 학습목표를 제시한다.	• 결과물 제작을 위해 필요한 기능이 무엇인지 생각해 본다. • 학습 목표를 숙지한다.	학습지	10
전개	• 실습1: 아두이노 회로 구성하기	• 아두이노에 대하여 설명한다. • 전기 회로의 동작 원리와 브레드 보드의 구조를 설명한다. • 전기가 흐르는 경로를 그리고 LED가 켜질지	• 아두이노에 대하여 이해한다. • 전기 회로의 동작 원리와 브레드 보드의 구조를 이해한다. • 짝과 협력하여 전기가 흐르는 경로를 그리고	순회하며 개별지도	40

		<p>예상해보는 활동을 수행하도록 지시한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 활동내용을 정리하고 활동지를 작성하도록 지시한다. 	<p>LED가 켜질지 그려보는 활동을 수행한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 활동지를 작성을 통해 활동을 정리한다. 		
	<ul style="list-style-type: none"> • 실습2: 나만의 조명기구 만들기 	<ul style="list-style-type: none"> • 보드에 대하여 설명한다. • 아두이노 보드, 브레드 보드, 저항, LED를 이용하여 간단한 회로를 구성하도록 지시한다 • blink예제 코드의 결과 확인을 위한 절차를 설명한다. • blink예제 코드를 통해 코드의 구조 및 동작 원리, 주석 및 내장함수의 개념을 설명한다. 	<ul style="list-style-type: none"> • 보드에 대하여 이해한다. • 짝과 협력하여 아두이노 보드, 브레드 보드, 저항, LED를 이용한 회로를 구성한다. • blink예제 코드의 결과 확인을 위한 절차를 이해한다. • blink예제 코드를 통해 코드의 구조 및 동작 원리, 주석 및 내장함수의 개념을 이해한다. 	<p>실습은 2인 1조 모듈별로 실시</p> <p>문제 해결과 관련된 피드백 제공</p>	40
정리	<ul style="list-style-type: none"> • 정리 • 평가 • 차시 예고 	<ul style="list-style-type: none"> • 학습 내용 정리. • blink예제의 LED 점멸 간격을 조절하는 방법을 묻는 형성평가를 제시한다. • 차시 학습 내용 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 학습 내용 정리 • 짝과 협력하여 형성평가 문제를 해결한다. • 차시 학습 내용 숙지 		10

3. 전기가 흐르는 조건을 알아볼까요?



해보기 다음 준비물을 꺼내어 조원과 협력하여 LED에 불을 켭니다.



[Fig 2] Material for programming education using Arduino

IV. 연구 방법

A. 연구 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

아두이노를 활용한 프로그래밍 교육에 참여한 집단은 기존의 전통적인 프로그래밍 교육에 참여한 집단에 비해 창의적 문제해결력에 유의미한 향상이 있을 것이다.

B. 연구 대상

경기도 소재 인문계 A 고등학교 2학년 남학생 총 56명을 연구 대상으로 선정하여 실험집단 28명과 통제집단 28명을 구성하여 실험 연구를 진행하였다.

C. 연구 설계

본 연구는 크게 3단계로 진행하였다.

1단계는 실험집단과 통제집단이 창의적 문제해결력에 있어 동질성 여부 확인을 위해 창의적 문제해결력 사전검사를 실시하였다.

2단계에서는 실험처치가 이루어졌으며 2016년 4월 둘째 주부터 6월 첫 주까지 진행되었다. 실험집단은 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육을 7주간 매주 2차시씩 총 14차시 동안 실시하였다. 통제집단은 C 프로그래밍 언어를 활용한 일반적인 프로그래밍 교육을 실험집단과 동일한 기간에 총 14차시 동안 실시하였다. 실험집단은 2인 1조로 구성되어 1조당 1대의 아두이노와 부품을 활용하였으며 통제집단은 1인당 1대의 컴퓨터를 이용하여 연구를 진행하였다.

3단계는 실험처치 후 실험집단과 통제집단에 대해 창의적 문제해결력 사후검사를 실시하여 두 집단의 창의적 문제해결력의 변화를 측정하고 결과를 분석하여 연구 가설을 검증하였다. 연구를 위한 실험 설계 내용은 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Experimental design

집단	사전검사	실험처치	사후검사
G1	O1	X1	O3
G2	O2	X2	O4

G1 : 실험집단

G2 : 통제집단

O1, O2 : 사전검사(창의적 문제해결력 검사)

O3, O4 : 사후검사(창의적 문제해결력 검사)

X1 : 아두이노를 활용한 프로그래밍 수업

X2 : 일반적인 프로그래밍 수업

C. 검사 도구

창의적 문제해결력의 측정을 위해 한국교육개발원이 2001년에 발간한 ‘간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구(I)’를 기반으로 개발된 검사 도구를 사용하였다. 이 검사 도구는 각 하위 요인별로 5문항씩, 총 20문항, Likert 5점 척도로 구성되어 있으며 하위 요소의 총점은 25점이며, 숫자가 클수록 해당 요소의 능력이 높은 것을 나타낸다.

V. 연구 결과

A. 사전검사 결과

실험처치 전, 연구 대상을 무선 할당을 통해 실험집단과 통제집단으로 나누고 두 집단이 창의적 문제해결력 측면에서 동질 집단인지 검증하기 위해 창의적 문제해결력 사전검사를 실시하고 t-검정을 통해 분석한 결과는 <Table 6>과 같다. 창의적 문제해결력에 대한 유의확률 p값은 .573로 유의 수준 $p > .05$ 를 만족하므로 실험집단과 통제집단은 동질집단으로 판명되었다.

<Table 6> Pre-test result of creative problem solving ability

	집단	N	평균	표준 편차	t	p
창의적 문제해결력	실험	28	68.18	6.06	.567	.573
	통제	28	67.21	6.66		

p < .05

또한 <Table 7>과 같이 창의적 문제해결력의 4 지 하위 요소에 대한 모든 p값 역시 p>.05를 만족하므로 실험집단과 통제집단은 통계적으로 동질집단임이 확실하게 판명되었다.

<Table 7> Pre-test results on sub-factors of creative problem solving ability

창의적 문제해결력의 하위 요소	집단	N	평균	표준 편차	t	p
특정 영역의 지식, 사고 기능, 기술의 이해 및 숙달 여부	실험	28	15.86	1.38	1.632	.109
	통제	28	15.14	1.86		
확산적 사고	실험	28	16.43	2.47	.396	.694
	통제	28	16.14	2.92		
비판적 논리적 사고	실험	28	18.29	2.24	-.289	.774
	통제	28	18.46	2.38		
동기적 요소	실험	28	17.61	2.57	.225	.823
	통제	28	17.46	2.17		

p < .05

B. 사후검사 결과

1. 실험집단과 통제집단 사후검사 결과

실험집단에 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육을, 통제집단에는 일반적인 프로그래밍 교육을 각각 14차시 적용한 후 창의적 문제해결력에 대한 사후검사를 실시하고 t검정을 적용한 결과는 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Post-test result of creative problem solving ability

	집단	N	평균	표준편차	t	p	ES
창의적 문제해결력	실험	28	75.25	6.222	3.344	.002	.89
	통제	28	68.61	8.474			

$p < .05$

창의적 문제해결력의 유의확률 p 값은 .002로 유의 수준 $p < .05$ 의 조건을 만족하므로 실험집단과 통제집단의 창의적 문제해결력은 통계적으로 유의미한 차이가 있다고 판단할 수 있다.

효과 크기(ES; effect size)는 특정한 통계값이 연구가설에서 상정하는 기대값과 얼마나 다른지, 그 '정도'를 계량화하는 통계이다. 귀무가설 유의성 검정의 단점 중 하나는 통계학적 유의성에 많이 의존한다는 점이다. 즉, 모든 크기의 효과는 결국 표본크기가 충분히 크면 통계학적 유의성을 보이기 때문이다. 사후 검사 결과 유의미한 차이가 어느 정도의 향상을 이루었는지 알아보기 위해 t 검정에서 측정하는 효과크기인 Cohen's d 를 살펴보았다.

Cohen은 d 값이 0.2인 경우는 작은 효과, 0.5인 경우는 중간 효과, 그리고 0.8 이상인 경우는 큰 효과라고 규정하였다. 이 해석은 통계적 유의도나 표본크기와는 무관하다.

<Table 8>에서 ES 값은 .89로 효과크기가 크다는 결론을 내렸으며 이는 실험집단이 통제집단에 비해 창의적 문제해결력에 있어 높은 효과를 보였다는 것을 의미한다.

추가적으로 창의적 문제해결력을 구성하는 하위 요소에 대한 사후검사 결과는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Post-test results on sub-factors of creative problem solving ability

하위 요소	집단	N	평균	표준 편차	t	p	ES
특정 영역의 지식, 사고 기능, 기술의 이해 및 숙달 여부	실험	28	17.68	2.056	2.332	.023	.62
	통제	28	16.04	3.109			
확산적 사고	실험	28	18.54	2.701	2.713	.009	.73
	통제	28	16.71	2.307			

비판적 논리적 사고	실험	28	19.43	1.814	2.918	.005	.78
	통제	28	17.75	2.444			
동기적 요소	실험	28	19.61	2.266	2.064	.044	.55
	통제	28	18.11	3.107			

$p < .05$

창의적 문제해결력의 하위 요소별 유의확률 p 값은 <Table 9>와 같이 모든 요소에 대한 유의수준 $p < .05$ 이므로 각 하위 요소에 대하여도 실험집단과 통제집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 효과 크기 측면에서는 모든 하위 요소에 대하여 중간 크기의 효과를 보였다.

2. 실험집단의 사전-사후검사 결과 분석

실험 처치 후 실험집단의 창의적 문제해결력의 변화를 분석하기 위해 독립표본 t -검정을 통해 사후검사를 실시하였다. 검사 결과는 <Table 10>과 같이 실험집단의 사전-사후 창의적 문제해결력은 유의미한 차이가 발생한 것으로 나타났으며, 효과 크기 측면에서 $ES = 1.15$ 로 높은 효과가 있는 것으로 나타났다.

<Table 10> Pre and Post-test results of experiment group

	검사	N	평균	표준편차	t	p	ES
창의적 문제해결력	사전	28	68.18	6.06	-4.593	.000	1.15
	사후	28	75.25	6.22			

$p < .05$

추가로 <Table 11>과 같이 창의적 문제해결력의 모든 하위 요소에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 효과 크기를 살펴보면, 비판적 논리적 사고가 중간 크기의 효과가 있는 것으로 나타났고 이를 제외한 하위 요소에 대하여는 효과가 큰 것으로 나타났다.

〈Table 11〉 Pre and post-test results on sub-factors of creative solving ability of experiment group

영역	검사	N	평균	표준편차	t	p	ES
특정 영역의 지식, 사고 기능, 기술의 이해 및 숙달 여부	사전	28	15.86	1.38	-4.730	.000	1.04
	사후	28	17.68	2.06			
확산적 사고	사전	28	16.43	2.47	-3.330	.003	.82
	사후	28	18.54	2.70			
비판적 논리적 사고	사전	28	18.29	2.24	-2.131	.042	.56
	사후	28	19.43	1.81			
동기적 요소	사전	28	17.61	2.57	-3.334	.002	.83
	사후	28	19.61	2.27			

$p < .05$

결론적으로 통계결과를 분석해 볼 때 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 C와 같은 텍스트 기반의 일반적인 프로그래밍 교육보다 고등학교 학습자들의 창의적 문제 해결력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤음을 확인하였다.

VI. 결론 및 제언

본 연구는 피지컬 컴퓨팅을 활용한 프로그래밍 교육이 창의적 문제해결력에 미치는 영향을 연구하기 위해 프로그래밍 교육 도구들의 특성과 선행 연구의 고찰을 통해 복잡하고 실제적인 문제 해결과정을 경험할 수 있는 피지컬 컴퓨팅 도구로 아두이노를 선택하였다.

아두이노를 활용 프로그래밍 교육을 적용한 실험 집단이 C와 같은 텍스트 형태의 프로그래밍 언어를 활용한 기존의 프로그래밍 교육을 적용한 통제 집단에 비해 창의적 문제해결력에서 통계적으로 유의미하게 향상되었다. 또한 효과 크기의 경우도 실험집단에서 창의적 문제해결력의 모든 하위 요소에서 중간 이상의 효과가 있는 것으로 나타나서 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 텍스트 기반의 C 프로그래밍 교

육보다 학습자의 창의적 문제해결력 향상에 효과가 있는 것으로 해석할 수 있다.

본 연구를 진행한 결과 다음과 같이 제언한다.

첫째, 본 연구의 실험 대상이 경기도 소재 일반계 남자 고등학생으로 제한되고 실험집단과 통제집단이 30명 미만의 소집단이기 때문에 다수의 학습자, 성별에 따라 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 다양한 변수들에 대한 연구가 필요하다.

둘째, 고등학생의 발달 단계를 고려한 교육 내용 구성과 교수·학습 전략 개발과 적용 연구가 필요하다.

셋째, 피지컬 컴퓨팅 도구를 활용한 프로그래밍 교육이 실생활의 문제를 해결하기 위한 컴퓨팅 사고력, 즉 추상화 능력, 알고리즘 능력, 프로그래밍 능력과의 상관관계에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 강성원, 이해정, 이재호 (2003). 초등정보과학영재용 프로그래밍 교육 (비주얼 베이직을 이용한 접근), **정보교육학회논문지**, 7(3), 363-371
- {Kang, S. W. et. al. (2003). Elementary information science gifted programming education(visual basic approach), *Journal of The Korean Association of Information Education*, vol. 7, no. 3, 363-371}
- 김영채 (2007). **창의력의 이론과 개발**. 교육과학사
- {Kim, Y. C. (2007). *Theory and development of creativity*. Education and Science Publishers}
- 김정효, 권오남(1999). 창의적 문제해결력 신장을 위한 수학교육과정개발 : 개념적 지식을 중심으로. **수학교육학회논문지**, 3(2). 247-264.
- {Kim, J. H. et. al. (1999). Development of mathematics curriculum for creative problem solving. *Journal of the Korean Society of Mathematics Education*, 3(2), 247-264}
- 김혜진 (2016) 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅 기반의 프로그래밍 교육이 중학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- {Kim, H. J. (2016). *The influence of programming education based on physical computing using Arduino on the problem solving ability of middle school students* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Cheongju, South Korea.}
- 나원영 (2016). 언플러그드 컴퓨팅을 활용한 STEAM 교육이 초등학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 석사학위논문, 경인교육대학교 대학원.
- {Na, W. Y. (2016). *The effects of STEAM education using unplugged computing on elementary students' creative problem solving ability* (Unpublished master's thesis). Gyeongin National University of Education, Incheon, South Korea.}
- 노영우, 임성현, 김정옥, 박명권 (2016). **2016 다보스 리포트 : 인공지능발 4차 산업혁명**. 매일경제신문사.

- {Roh, Y. W. et. al. (2016). *2016 Davos Report: Artificial intelligence foot Fourth Industrial Revolution*. Maeil Business News Korea, Seoul, South Korea.}
- 박성준 (2015). 아두이노를 활용한 프로그래밍 교육이 중학생의 창의적 문제해결력에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- {Park, S. J. (2015). *The effect of programming education using Arduino on middle school students' creative problem solving ability* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Cheongju, South Korea.}
- 서동수 (2006). 피지컬컴퓨팅의 개념과 기술적 기초. *디자인학회논문지*, 10, 270-271.
- {Seo, D. S. (2006). Concepts and technical basics of physical computing. *Journal of the Korea Society of Design*, 10, 270-271}
- 서성원 (2010). TPL과 VPL을 활용한 로봇프로그래밍 교육이 정보과학적 사고 능력에 미치는 영향. 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- {Seo, S. W. (2010). *The influence of robot programming education using TPL and VPL on information science thinking ability* (Unpublished master's thesis). Korea National University of Education, Cheongju, South Korea.}
- 서정현, 김영식 (2012). 정보교과교육 : 아두이노를 이용한 피지컬 컴퓨팅의 교육적 활용 방안 연구. *컴퓨터교육학회논문지*, 16(2), 102-107.
- {Seo, J. H. et. al. (2012). A study on the education application of physical computing using Arduino. *Journal of Korean Association of Computer Education*, 16(2), 102-107.}
- 엄기순(2016). 인지부담 감소를 위한 피지컬 컴퓨팅 도구 개발 및 중등 정보교육에의 적용. 석사학위논문, 고려대학교 대학원.
- {Eom, K. S. (2016). *Development of physical computing tools to reduce cognitive burden and its application to secondary information education* (Unpublished master's thesis). Korea University, Seoul, South Korea.}
- 염용철 (2008). 정보교과에서 텍스추얼 교육용프로그래밍언어를 이용한 프로그래밍 학습 환경. 석사학위논문, 고려대학교 대학원.
- {Yeom, K. C. (2008). *A programming learning environment using textual teaching programming language in Informatics curriculum* (Unpublished master's thesis). Korea University, Seoul, South Korea.}
- 위키백과 (2016). 아두이노. <https://ko.wikipedia.org/wiki/아두이노>.
- {Wikipedia (2016). Arduino. <https://ko.wikipedia.org/wiki/Arduino>}
- 이은경 (2009). Computational Thinking 능력 향상을 위한 로봇 프로그래밍 교수 학습 모형. 박사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- {Lee, E. K. (2009). *Robot programming teaching and learning model for computational thinking ability* (Unpublished doctor's thesis). Korea National University of Education, Cheongju, South Korea.}
- 장운재, 이원규 (2015). 2015년 개정 교육과정 중학교 정보 교과에 포함된 피지컬 컴퓨팅 교육 목표 분석. *컴퓨터교육학회논문지*, 20(1).
- {Jang, Y. J. et. al. (2015). Analysis of physical computing education goals in the middle school Information curriculum of the 2015 revised education curriculum. *Journal of Korean Association of Computer Education*, 20(1)}
- 장필성 (2016). 다보스포럼: 다가오는 4차 산업혁명에 대한 우리의 전략은?, *과학기술정책*, 211, 12-15.

- {Jang, P. S. (2016). Davos Forum: Our strategy for the forthcoming Fourth Industrial Revolution?. *STI Policy Review*, 211, 12-15}
- 조성환, 송정범, 김성식, 이경화(2008). CPS에 기반한 스크래치 EPL이 문제해결력과 프로그래밍 태도에 미치는 효과. **정보교육학회논문지**, 12(4), 375-383
- {Cho, S. W. et. al. (2008). The effect of CPS-based Scratch EPL on problem solving ability and programming attitude. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 12(4), 375-383}
- 한건우 (2007). 프로그래밍 교육에서 문제해결력 신장을 위한 동료 에이전트 시스템 개발. 박사학위논문, 한국교원대학교 대학원.
- {Han, G. W. (2007). *Development of a peer agent system for improving problem solving ability in programming education* (Unpublished doctor's thesis). Korea National University of Education, Cheongju, South Korea.}
- 한국교육개발원 (2001). 간편 창의적 문제해결력 검사 개발 연구.
- {Korean Educational Development Institute (2001). Study on development of simple creative problem solving ability test.}
- 허미선 (2009). 정보교육에서의 문제해결능력 향상을 위한 교수설계 방안 연구. 석사학위논문, 고려대학교 대학원.
- {Hur, M. S. (2009). *A study on instructional design for improvement of problem solving ability in Informatics education* (Unpublished master's thesis). Korea University, Seoul, South Korea.}
- O'Sullivan, D., & Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- piaget (1953). *Logic and Psychology*. Manchester: Manchester University Press.

윤정구 (kame2008@naver.com)

안산 초지고등학교에 재직 중이며, 정보 교사로서 고등학생의 프로그래밍 교육과 퍼지컬 컴퓨팅이 주요 연구 주제임.

김영식 (kimys@knue.ac.kr)

한국교원대학교 컴퓨터교육과에 재직 중이며, 초중등 컴퓨터교육과 관련하여 프로그래밍 교육과 퍼지컬 컴퓨팅 교육 관련 교수-학습 모델 및 교사전문성이 주요 연구 주제임.

